

5

Speichereinspritzsystem mit Variodüse und Druckübersetzungseinrichtung

10

Technisches Gebiet

Zur Versorgung von Brennräumen selbstzündender Verbrennungskraftmaschinen können sowohl druckgesteuerte als auch hubgesteuerte Einspritzsysteme eingesetzt werden. Als
15 Kraftstoffeinspritzsysteme kommen neben Pumpe-Düse-Einheiten, Pumpe-Leitung-Düse-Einheiten auch Speichereinspritzsysteme (Common Rail) zum Einsatz. Speichereinspritzsysteme zum Beispiel ermöglichen in vorteilhafter Weise, den Einspritzdruck an Last und Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine anzupassen. Zur Erzielung hoher spezifischer Leistungen und zur Reduktion der Emissionen ist generell ein möglichst hoher Einspritz-
20 druck erforderlich.

Stand der Technik

25 Aus Festigkeitsgründen ist das erreichbare Druckniveau bei heute eingesetzten Speichereinspritzsystemen (Common Rail) zur Zeit auf etwa 1600 bar begrenzt. Zur weiteren Drucksteigerung an Speichereinspritzsystemen kann an Common-Rail-Systemen ein Druckverstärker eingesetzt werden. EP 0 562 046 B1 offenbart eine Betätigungs- und Ventilanordnung mit Bedämpfung für eine elektronisch gesteuerte Einspritzeinheit. Die Betätigungs- und Ventilanordnung für eine hydraulische Einheit weist eine elektrisch erregbare
30 Elektromagnetanordnung mit einem festen Stator und einem bewegbaren Anker auf. Der Anker weist eine erste und eine zweite Oberfläche auf. Die erste und die zweite Oberfläche des Ankers definieren einen ersten und einen zweiten Hohlraum, wobei die erste Oberfläche des Ankers dem Stator zuweist. Es ist ein Ventil vorgesehen, welches mit dem Anker
35 verbunden ist. Das Ventil ist in der Lage, aus einem Sumpf ein hydraulisches Betätigungsfluid an die Einspritzvorrichtung zu leiten. Ein Dämpfungsfluid kann in Bezug auf einen der Hohlräume der Elektromagnetanordnung dort angesammelt oder von dort abgelassen werden. Mittels eines in einer Zentralbohrung hineinragenden Bereiches einer Ventilnadel

kann die Strömungsverbindung des Dämpfungsfluides proportional zu dessen Viskosität selektiv freigegeben bzw. verschlossen werden.

DE 101 23 910.6 bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung. Diese wird an einer
5 Verbrennungskraftmaschine eingesetzt. Die Brennräume der Verbrennungskraftmaschine
werden über Kraftstoffinjektoren mit Kraftstoff versorgt. Die Kraftstoffinjektoren werden
über eine Hochdruckquelle beaufschlagt; ferner umfaßt die Kraftstoffeinspritzeinrichtung
einen Druckverstärker, der einen beweglichen Druckverstärkerkolben aufweist, welcher
einen an die Hochdruckquelle anschließbaren Raum von einem mit dem Kraftstoffinjektor
10 verbundenen Hochdruckraum trennt. Der Kraftstoffdruck im Hochdruckraum läßt sich
durch Befüllen eines Rückraumes der Druckübersetzungseinrichtung mit Kraftstoff bzw.
durch Entleeren des Rückraumes des Kraftstoffübersetzers von Kraftstoff variieren.

Der Kraftstoffinjektor umfaßt einen beweglichen Schließkolben zum Öffnen bzw. Schlie-
15 ßen von Einspritzöffnungen. Der Schließkolben ragt in einen Schließdruckraum hinein, so
daß der Schließkolben mit Kraftstoff druckbeaufschlagbar ist. Dadurch wird eine den
Schließkolben in Schließrichtung beaufschlagende Kraft erreicht. Der Schließdruckraum
und ein weiterer Raum werden durch einen gemeinsamen Arbeitsraum gebildet, wobei
sämtliche Teilbereiche des Arbeitsraumes permanent zum Austausch von Kraftstoff mit-
20 einander verbunden sind.

Mit dieser Lösung kann durch Ansteuerung des Druckverstärkers über den Rückraum er-
reicht werden, daß die Ansteuerverluste im Kraftstoffhochdrucksystem im Vergleich zu
einer Ansteuerung über einen zeitweise mit der Kraftstoffhochdruckquelle verbundenen
25 Arbeitsraum deutlich kleinergehalten werden können. Ferner wird der Hochdruckraum nur
bis auf das Druckniveau des Hochdruckspeicherraumes entlastet und nicht bis auf Lecka-
geniveau. Dies verbessert einerseits den hydraulischen Wirkungsgrad, andererseits kann ein
schnellerer Druckaufbau bis auf das Spitzendruckniveau erfolgen, so daß die zwischen den
Einspritzphasen liegenden zeitlichen Abstände verkürzt werden können.

30 Angesichts ständig steigender Anforderungen an die Emissions- und das Geräuschverhal-
ten selbstzündender Verbrennungskraftmaschinen sind weitere Maßnahmen am Einspritz-
system erforderlich, um die in naher Zukunft zu erwartenden verschärften Grenzwerte zu
erfüllen.

35 Darstellung der Erfindung

Beim erfindungsgemäß ausgeführten Kraftstoffinjektor mit Druckverstärker kann eine
weitere Verbesserung der Emissionswerte und des Geräuschverhaltens einer selbstzündenden

den Verbrennungskraftmaschine durch Einsatz einer Vario-Einspritzdüse erreicht werden. Durch den Einsatz eines Druckverstärkers, der einen Düsenraum der Einspritzdüse mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff beaufschlagt, läßt sich einerseits ein sehr hoher Einspritzdruck erzielen, andererseits erlaubt der Einsatz einer Vario-Einspritzdüse die Freigabe unterschiedlich bemessener Einspritzquerschnitte.

Mit einer erfindungsgemäß ausgeführten mehrteiligen Düsennadel läßt sich das Einspritzen von Kraftstoff über zwei unterschiedliche, am brennraumseitigen Ende des Kraftstoffinjektors ausgebildete Einspritzquerschnitte realisieren. Die Einspritzöffnungen sind dazu in vorteilhafter Weise das Zerstäubungsverhalten des Kraftstoffes begünstigend, als konzentrische Lochkreise beschaffen. Bei einem kleinen Einspritzdruck erfolgt die Einspritzung von Kraftstoff über einen von einem ersten Düsennadelteil freigegebenen Einspritzquerschnitt. Wird der Einspritzdruck weiter gesteigert, kann über einen zusätzlichen Einspritzquerschnitt eingespritzt werden, der dann durch einen weiteren Düsennadelteil freigegeben wird. Über den von dem ersten Düsennadelteil freigegebenen Einspritzquerschnitt gelangt eine kleinere Menge von Kraftstoff bei niedrigerem Einspritzdruck in den Brennraum. Dies begünstigt die Gemischaufbereitung im Brennraum der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine im Rahmen einer Boot-Phase. Bei Überschreiten eines voreinstellbaren Schaltdruckes öffnet der zweite Düsennadelteil, so daß zusätzlich zum durch den ersten Düsennadelteil freigegebenen Einspritzquerschnitt durch Freigabe eines weiteren Einspritzquerschnittes auf einem höheren Druckniveau, eine größere Kraftstoffmenge in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine gelangt. Das im Brennraum enthaltene Gas kann dabei durch eine vorhergehende Boot-Einspritzung in einer das Abfließen der Verbrennung begünstigenden Weise aufbereitet sein.

Die erfindungsgemäße Lösung erlaubt das Einspritzen kleinster Kraftstoffmengen bei kurzen Einspritzdauern und das Einspritzen größerer Kraftstoffmengen über längere Einspritzdauern; gegebenenfalls können mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung auch kleinere Pilot-Einspritzungen realisiert werden. Kleine Pilot-Einspritzungen bewirken eine Verbesserung des Geräuschverhaltens einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine. Ferner wird durch den Einsatz sehr kleiner Voreinspritzmengen in den Brennraum der selbstzündenden Brennkraftmaschine eine Verbesserung der Abgasemissionen erreicht.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung läßt sich eine Geräuschverbesserung an selbstzündenden Verbrennungskraftmaschinen dahingehend erreichen, daß das "Nageln" weitestgehend durch die Formung der Einspritzrate verhindert werden kann.

Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

Es zeigt:

Figur 1 das Hydraulikschaltschema eines Kraftstoffinjektors mit Druckverstärker, Vario-Einspritzdüse und einer Koaxial-Düsennadel in einer ersten Ausführungsvariante,

Figur 2 das Hydraulikschaltschema eines Kraftstoffinjektors mit Druckverstärker, Vario-Einspritzdüse und über einen Hochdruckspeicherraum direktbeaufschlagtem Schließraum,

Figur 3 die Druckverläufe im Düsenraum, Hochdruckraum und Schließraum, die Nadelhubwege und die sich entsprechend der Nadelhöhe einstellenden Durchflußquerschnitte an der Düse der Ausführungsvariante eines Kraftstoffinjektors gemäß Figur 2 und

Figur 4 eine weitere Ausführungsvariante eines Kraftstoffinjektors mit Druckverstärker, Vario-Düse mit optimierter Führungsleckage.

Ausführungsvarianten

Figur 1 ist das Hydraulikschaltschema eines Kraftstoffinjektors mit Druckverstärker, Vario-Einspritzdüse und Koaxial-Düsennadel zu entnehmen, deren Schließraum vom Rückraum des Druckverstärkers aus mit Kraftstoff beaufschlagbar ist.

Die in Figur 1 dargestellte Kraftstoffeinspritzeinrichtung umfaßt einen Kraftstoffinjektor 1, der über einen Hochdruckspeicherraum 2 (Common Rail) mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff versorgt wird. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung enthält neben dem Hochdruckspeicherraum 2 den Kraftstoffinjektor 1, einen Druckverstärker 5, sowie das mit Bezugszeichen 6 bezeichnete Einspritzventil, über welches in einen hier nur schematisch wiedergegebenen Brennraum 7 einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine am brennraumseitigen Ende des Einspritzventils 6 Kraftstoff in diesen eingespritzt wird.

Vom in Figur 1 schematisch angedeuteten Hochdruckspeicherraum 2 gelangt Kraftstoff über eine erste Drosselstelle 3 und eine sich an dieser anschließende Leitung 4 in einen Druckraum 11 des Druckverstärkers 5. Der Druckverstärker 5 umfaßt neben dem erwähnten Druckraum 11 einen Rückraum 16. Innerhalb des Druckverstärkers 5 ist ein Kolben 12 aufgenommen, der als axial verschiebbarer Stufenkolben ausgebildet ist und einen ersten Teilkolben 13 umfaßt, der im Vergleich zu einem zweiten Teilkolben 14 mit einem eine Führung ermöglichenden größeren Durchmesser ausgebildet ist. Der Kolben 12 kann sowohl aus zwei separaten Bauteilen bestehen als auch als ein Bauteil gefertigt werden. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist zwischen dem ersten Teilkolben 13 und dem zweiten Teilkolben 14 ein in Scheibenform ausgebildeter Ansatz 15 vorgesehen. Dieser wird von einer im Rückraum 16 aufgenommenen Rückstellfeder 17 beaufschlagt, die sich mit ihrem dem Ansatz 15 gegenüberliegenden Ende am Gehäuseboden des Druckverstärkers 5 abstützt. Der zweiten Teilkolben 14 begrenzt mit seiner Stirnseite einen Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers, über welchen u.a. eine Hochdruckleitung 28 abzweigt, die einen Düsenraum 29 des Einspritzventils 6 mit unter sehr hohem Druck stehenden Kraftstoff beaufschlagt.

Vom Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 zweigt eine Leitung 18 zu einem als Magnetventil 8 ausgebildeten Steuerventil ab, welches in der in Figur 1 dargestellten Ausführungsvariante der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffeinspritzeinrichtung als Magnetventil ausgebildet ist. Im in Figur 1 dargestellten Grundzustand steht die Zuleitung 18 vom Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 mit einer Kraftstoffleitung 19 in Verbindung, über welche der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 mit Kraftstoff beaufschlagt wird. Vom Rückraum 16 erstreckt sich in der in Figur 1 dargestellten Ausführungsvariante der Kraftstoffeinspritzeinrichtung eine Rückraumleitung 22 zu einem Schließraum 21 im oberen Bereich des Einspritzventils 6. Im in Figur 1 dargestellten Grundzustand der Kraftstoffeinspritzeinrichtung steht der im Hochdruckspeicherraum 2 anstehende Druck über die Leitung 4 im Druckraum 11 des Druckverstärkers 5, am Magnetventil 8, über die Kraftstoffleitung 19 am Rückraum 16 des Druckverstärkers sowie über die Rückraumleitung 22 im Schließraum 21 des Einspritzventils 6 an. Über ein mit dem Hochdruckraum 2 vorgeschaltetes Rückschlagventil 24 steht der Druck des Hochdruckspeicherraums 2 sowohl im Hochdruckraum 20 als auch im Düsenraum 29 an.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß neben der Zuleitung 18 vom Druckraum 11, der Kraftstoffzuleitung 19 zum Rückraum 16 vom Magnetventil 8 gemäß der Ausführungsvariante in Figur 1 ein niederdruckseitiger Rücklauf 9 abzweigt, in welchen ein beim Schalten des Magnetventils 8 in eine weitere Schaltstellung das Steuervolumen in einen in Figur 1 nicht dargestellten Kraftstoffbehälter abströmt.

Das Rückschlagventil 24, welches dem Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 vorgeordnet ist, umfaßt einen hier als Kugel ausgebildeten Schließkörper 26, der seinerseits über ein Federelement 27 beaufschlagt wird. Anstelle eines Rückschlagventils 24 zwischen dem Hochdruckraum 20 des Druckübersetzers 5 und dem Schließraum 21 kann - wie in Figur 1
5 angedeutet - auch ein Drosselelement 24.1 in der Leitung 25 aufgenommen sein, welches vom Druckmedium, d.h. dem Kraftstoff, in beide Richtungen durchströmt werden kann.

Das in der Ausführungsvariante der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Figur 1 dargestellte Einspritzventil 6 umfaßt eine koaxiale Düsennadel
10 30, die einen ersten Düsennadelteil 31 und einen zweiten Düsennadelteil 32 enthält. Die Düsennadelteile 31 bzw. 32 sind ineinanderliegend geführt und unabhängig voneinander betätigbar. Das erste Düsennadelteil 31 ist innerhalb des Gehäuses des Einspritzventils 6 in vertikaler Richtung auf und ab bewegbar. Die Hubbegrenzung des ersten Düsennadelteils 31 ist durch einen in den Schließraum 21 des Einspritzventils 6 eingelassenen ringförmigen
15 Anschlag 33 gegeben. Mittels des ringförmig ausgebildeten Anschlags 33 im Schließraum 21 wird dem ersten Düsennadelteil 31 der maximale Hubweg aufgegeben und begrenzt. Ferner umfaßt der Schließraum 21 des Einspritzventils 6 einen stiftförmig konfigurierten Anschlag 34, der als Hubbegrenzung für das im ersten Düsennadelteil 31 koaxial geführte zweite Düsennadelteil 32 der koaxialen Düsennadel 30 dient. In der Ausführungsvariante
20 gemäß Figur 1 ist im oberen Bereich des zweiten Düsennadelteils 32 eine scheibenförmige Anschlagfläche 37 ausgebildet, welche mit dem innerhalb des Schließraumes 21 angeordneten, als Hubbegrenzung dienenden Anschlag 34 zusammenarbeitet und dem zweiten Düsennadelteil 32 seine vertikale Verfahrensbewegung innerhalb des Gehäuses des Einspritzventils 6 vorgibt.

25 Innerhalb des Schließraums 21 des Einspritzventils 6 der Ausführungsvariante in Figur 1 sind sowohl das erste Düsennadelteil 31 als auch das zweite Düsennadelteil 32 jeweils von einem Federelement 38 bzw. 39 beaufschlagt. Das den ersten Düsennadelteil 31 beaufschlagende Federelement 38 stützt sich auf einer Stirnseite 36 des ersten Düsennadelteils
30 31 ab, während das den stiftförmig ausgebildeten Anschlag 34 umgebende Federelement 39 an der Stirnseite 37 des zweiten Düsennadelteils 32 anliegt. Der in Figur 1 dargestellte Schließraum 21 wird vom Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 über die Rückraumleitung 22 mit Kraftstoff beaufschlagt, wobei die Rückraumleitung 22 im Bereich ihrer Mündung in den Schließraum 21 eine Drosselstelle 23 enthalten kann. Die vom Rückschlagventil 24
35 in den Schließraum 21 mündende Leitung 25 kann in den Schließraum 21 münden, wobei anstelle des in Figur 1 in die Leitung 25 integrierten Rückschlagventils 24 auch das in Figur 1 angedeutete Drosselelement 24.1 in die Leitung 25 zwischen dem Hochdruckraum 20 des Druckübersetzers 5 und den Schließraum 21 eingelassen sein kann.

Das in Figur 1 dargestellte erste Düsennadelteil 31 der koaxialen Düsennadel 30 umfaßt eine hydraulisch wirksame Fläche 35, die in der dargestellten Ausführungsform als Druckschulter 35 kegelig verlaufend ausgebildet ist. Die Druckschulter 35 an der Außenumfangsfläche des ersten Düsennadelteils 31 ist zur Gänze vom Düsenraum 29 des Einspritzventils 6 umschlossen. Vom Düsenraum 29 des Einspritzventils 6 erstreckt sich ein Ringspalt 50 bis an das brennraumseitige Ende des Einspritzventils 6. Das zweite Düsennadelteil 32 umfaßt ebenfalls eine hydraulisch wirksame Fläche 40 in Gestalt einer Druckschulter, welches am brennraumseitigen Ende des zweiten Düsennadelteils 32 ausgebildet ist. Entsprechend der Auslegung der hydraulisch wirksamen Fläche 40 am brennraumseitigen Ende des zweiten Düsennadelteils 32 und der Auslegung des das zweite Düsennadelteil 32 beaufschlagenden Federelementes 39 kann entsprechend der Dimensionierung ein Schaltdruck eingestellt werden, bei dem das innere Düsennadelteil 31 der koaxialen Düsennadel 30 gemäß der Darstellung in Figur 1 öffnet.

Am brennraumseitigen Ende des Einspritzventils 6 ist eine Kegelfläche 44 ausgebildet, an der Einspritzöffnungen ausgebildet sind. In der Ausführungsvariante des Einspritzventils 6 der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Figur 1 umfaßt die als Vario-Einspritzdüse 41 ausgebildete Düse des Einspritzventils 6 einen ersten Einspritzquerschnitt 42 sowie einen weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43. In bevorzugter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Lösung sind der erste Einspritzquerschnitt 42 sowie der zweite Einspritzquerschnitt 43 als Lochreihen, beispielsweise als konzentrische Lochkreise, ausgebildet und enthalten eine Vielzahl kleinster Bohrungen, über welche während des Einspritzens von Kraftstoff in den Brennraum 7 – hier nur schematisch wiedergegeben – eine feine Zerstäubung des Kraftstoffes während des Einspritzvorganges erzielt wird, was wiederum einen günstigen Verbrennungsablauf hinsichtlich der Emissionswerte und der Geräuscentwicklung sicherstellt. Gemäß der Ausführungsvariante in Figur 1 wird der erste Einspritzquerschnitt 42 beim Öffnen des ersten Düsennadelteils 31 bei Beaufschlagung des Düsenraums 29 mit hohem Druck freigegeben. Es erfolgt eine Einspritzung von Kraftstoff nur über den ersten Einspritzquerschnitt 42 am brennraumseitigen Ende 44 des Einspritzventils 6. Abhängig von der Dimensionierung der hydraulisch wirksamen Fläche 40 – hier als Druckschulter gestaltet – und abhängig von der Dimensionierung des das zweite Düsennadelteil 32 beaufschlagenden Federelementes 39, öffnet das zweite Düsennadelteil 32 der koaxialen Düsennadel 30 bei einem bestimmten Schaltdruck und gibt zusätzlich zum ersten Einspritzquerschnitt 42 den weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43 frei. In diesem Schaltzustand – beide Düsennadelteile 31 bzw. 32 offen – wird Kraftstoff sowohl über den ersten Einspritzquerschnitt 42 als auch zusätzlich über den durch das erste Düsennadelteil 31 freigegebenen weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43 in den Brennraum 7 der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine eingespritzt.

Die sich bei den hohen Drücken einstellende Führungsleckage aufgrund der ineinandergeführten Düsennadelteile 31 bzw. 32 der coaxialen Düsennadel 30 wird über eine Ausnehmung 48, die beispielsweise als Ringnut zum Außenumfang des zweiten Düsennadelteils 32 ausgebildet sein kann, über einen Kanal 47, welcher das erste Düsennadelteil 31 durchsetzt, in eine diese umschließende weitere Ringnut 46 gefördert, die wiederum gehäuseseitig mit einem Leckölkanal 49 in Verbindung steht. Die Führungsleckage kann demnach analog zum niederdruckseitigen Rücklauf 9, der dem Magnetventil 8 zugeordnet ist, über die Leckölleitung 49 in den Niederdruckbereich des Kraftstoffeinspritzsystems abgeführt werden.

Während die hydraulisch wirksame Fläche 35 am Außenumfang des ersten Düsennadelteils 31 vom Düsenraum 29 umschlossen ist, wird der die hydraulische Fläche 40, ausgebildet als Druckschulter, am zweiten Düsennadelteil 32 schließende Raum einerseits durch die Stirnseite 45 des ersten Düsennadelteils 31 gebildet und andererseits durch die kegelförmig in den Brennraum 7 der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine ragende Düsenkörperfläche 44 des Einspritzventils 6.

Die Funktionsweise des in der in Figur 1 dargestellten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung stellt sich wie folgt dar. Über die Leitung 4 steht der im Hochdruckspeicherraum 2 anstehende Druck am Kraftstoffinjektor 1 an. Im in Figur 1 dargestellten Grundzustand ist das Magnetventil 8 nicht angesteuert und es findet keine Einspritzung statt. Der im Hochdruckspeicherraum 2 anstehende Druck steht demnach im Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 an sowie am bereits erwähnten Magnetventil 8. Ferner steht der im Hochdruckspeicherraum 2 anstehende Druck über das durchgeschaltete Magnetventil 8 und die Kraftstoffleitung 19 im Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 an. Ferner steht der Rail-Druck über die Rückraumleitung 22 und die in dieser aufgenommene Drosselstelle 23 im Schließraum 21 des Einspritzventils 6 an und strömt vom Schließraum 21 des Einspritzventils 6 in Freigaberichtung des Rückschlagventils 24 in den Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 über. Vom Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 wiederum strömt der Kraftstoff über die Hochdruckleitung 28 in den Düsenraum 29 des Einspritzventils 6 ein. Im Grundzustand sind demnach alle Druckräume 11, 16 und 20 des Druckverstärkers 5 mit dem im Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druckniveau beaufschlagt, wobei die Teilkolben 13 bzw. 14 des Druckverstärkers 5 druckausgeglichen sind. In diesem Grundzustand des in Figur 1 dargestellten Systems ist der Druckverstärker 5 deaktiviert und es findet keine Druckverstärkung statt. In diesem Zustand wird der Kolben 12 des Druckverstärkers 5 über die diesem zugeordnete Rückstellfeder 17 in seine Ausgangslage gestellt, wobei eine Befüllung des Hochdruckraums 20 des Druckverstärkers 5 über das Rückschlagventil 24 vom Schließraum 21 des Einspritzventils 6 aus erfolgt. Durch den im Schließraum 21 anstehenden Druck wird eine hydraulische Schließkraft auf

die Düsennadelteile 31 bzw. 32 der koaxial ausgebildeten Düsennadel 30 aufgebaut. Zusätzlich sind das erste Düsennadelteil 31 bzw. das zweite Düsennadelteil 32 über die im Schließraum 21 angeordneten Federelemente 38 bzw. 39 in Schließstellung beaufschlagt. Daher kann das im Hochdruckspeicherraum 2 anstehende Druckniveau über die Hochdruckleitung 28 ständig im Düsenraum 29 des Einspritzventils 6 anstehen, ohne daß sich das erste Düsennadelteil 31 aufgrund der Druckwirkung des Kraftstoffes auf die Druckschulter 35 öffnet. Erst wenn der Druck im Düsenraum 29 über den Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druck ansteigt, was durch Zuschalten des Druckverstärkers 5 erfolgt, öffnet das erste Düsennadelteil 31 und die Einspritzung beginnt.

Die Zumessung des Kraftstoffes erfolgt durch eine Druckentlastung des Rückraumes 16 des Druckverstärkers 5. Dies wird dadurch erreicht, daß das Magnetventil 8 aktiviert wird und dadurch vom Rückraum 16 über die Kraftstoffleitung 19 Kraftstoff in den niederdruckseitigen Ablauf 9 abströmt, so daß der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 von der Systemdruckversorgung abgeschnitten ist. Aufgrund dessen fällt der Druck im Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 ab, wodurch der Druckverstärker 5 aktiviert wird und der Druck im Düsenraum 29 ansteigt, da der aktivierte Druckverstärker 5 eine Steigerung des Druckes im Hochdruckraum 20 bewirkt, über welchen der Düsenraum 29 mit Kraftstoff beaufschlagt wird. Dadurch stellt sich an der hydraulischen Fläche 35 des ersten Düsennadelteils 31 – hier ausgebildet als Druckschulter – eine der Federkraft 38 entgegenwirkende Öffnungskraft ein, so daß der erste Düsennadelteil 31 in vertikale Richtung nach oben auffährt. Der hohe Druck steht im Düsenraum 29 so lange an, wie der Rückraum 16 über das geschaltete Magnetventil 8 in den niederdruckseitigen Ablauf 9 druckentlastet wird. Aufgrund der Druckentlastung des Rückraums 16 wird auch der Schließraum 21 des Einspritzventils 6 über die Leitung 22 in den Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 entlastet, der seinerseits über die bereits erwähnte Leitung 19 zur Niederdruckseite 9 des Kraftstoffeinspritzsystems entlastet wird. Solange der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 druckentlastet ist, bleibt der Druckverstärker 5 aktiviert und verdichtet den Kraftstoff im Hochdruckraum 20. Der verdichtete Kraftstoff wird über den Düsenraum 29 entlang des Ringspalt 50 an den ersten Einspritzquerschnitt 42 geleitet, der aufgrund der vertikalen Aufwärtsbewegung des ersten Düsennadelteils 31 freigegeben ist, so daß der über den Ringspalt 50 zuströmende Kraftstoff über den ersten Einspritzquerschnitt 42 in den Brennraum 7 der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine eingespritzt wird. Durch die Druckentlastung des Rückraums 16 des Druckverstärkers 5 ist der Schließraum 21 des Einspritzventils 6 druckentlastet.

In diesem Zustand, d.h. bei geöffnetem ersten Düsennadelteil 31 und Einspritzung von Kraftstoff über den ersten Einspritzquerschnitt 42, steht der Einspritzdruck ebenfalls an der Nadelspitze des zweiten Düsennadelteils 32, welches im ersten Düsennadelteil 31 koaxial

geführt ist, an. Dadurch wirkt eine öffnende Druckkraft auf die als Druckschulter 40 ausgebildete hydraulische Fläche an der Spitze des zweiten Düsennadelteils 32. Da der Schließraum 21 des Einspritzventils 6 druckentlastet ist, wirkt auf das zweite Düsennadelteil 32 als Schließkraft das Federelement 39. Über die Dimensionierung der Druckschulter 40 am brennraumseitigen Ende des zweiten Düsennadelteils 32 und die Feder 39 kann ein Schaltdruck eingestellt werden, ab welchem das im ersten Düsennadelteil 31 koaxial geführte zweite Düsennadelteil 32 öffnet und den diesem zugeordneten weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43 freigibt. Demnach läßt sich bei einem unterhalb des einstellbaren Schaltdruckes des zweiten Düsennadelteils 32 liegenden Druckniveau sowohl das erste Düsennadelteil 31 öffnen und dadurch der erste Einspritzquerschnitt 42 freigeben, während das zweite Düsennadelteil 32 geschlossen bleibt. In diesem Zustand erfolgt eine Einspritzung von Kraftstoff über den ersten Einspritzquerschnitt 42. Bei oberhalb des einstellbaren Schaltdruckes liegendem Einspritzdruck öffnen sowohl das erste Düsennadelteil 31 als auch das zweite Düsennadelteil 32, da die dieses beaufschlagende Federkraft kleiner ist als die hydraulische Kraft, die am brennraumseitigen Ende, d.h. an der Druckschulter 40 des zweiten Düsennadelteils 32, auf dieses einwirkt. Oberhalb des einstellbaren Schaltdruckes erfolgt eine Einspritzung sowohl über den ersten Einspritzquerschnitt 42 als auch über den weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43 in den Brennraum 7 der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine.

Zum Beenden der Einspritzung wird das Magnetventil 8 geschaltet, so daß der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 als auch der Schließraum 21, verbunden mit dem Rückraum 16 über die Leitung 22, von der Niederdruckseite 9 des Magnetventils 8 getrennt werden. Dadurch erfolgt eine Beaufschlagung des Rückraums 16 über die Zuleitung 18 vom Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 mit dem im Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druckniveau, so daß sich im Rückraum 16 wieder das Rail-Druckniveau aufbaut. Aufgrund dessen sinkt der Druck im Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 auf das im Hochdruckspeicherraum 2 herrschende Druckniveau ab. Da im Schließraum 21 des Einspritzventils 6 nun ebenfalls das im Hochdruckspeicherraum 2 herrschende Druckniveau ansteht, ist sowohl das erste Düsennadelteil 31 als auch das zweite Düsennadelteil 32 der koaxialen Düsennadel 30 druckausgeglichen. Aufgrund der Beaufschlagung des ersten Düsennadelteils 31 bzw. des zweiten Düsennadelteils 32 mit Federelementen 38 und 39 werden die Düsennadelteile 31, 32 der koaxialen Düsennadel 30 in ihre Schließstellung gestellt. Sodann ist die Einspritzung beendet. Die Schließgeschwindigkeit, mit der das erste Düsennadelteil 31 als auch das zweite Düsennadelteil 32 in ihre Schließpositionen gedrückt werden, kann über die Zulaufdrossel 23, welche in der Rückraumleitung 22 vom Rückraum 16 zum Schließraum 21 des Einspritzventils 6 aufgenommen ist, beeinflußt werden. Nach dem herbeigeführten Druckausgleich wird der Kolben 12, umfassend einen ersten Teilkolben 13 sowie einen Teilkolben 14, in einstückiger oder in separater Ausführung durch die Rück-

stellfeder 17 in seine Ausgangslage zurückgestellt. Zur Abfuhr von Leckageströmungen durch die Nadelführungen ist an der coaxialen Düsennadel 30 gemäß der Ausführungsvariante der Erfindung in Figur 1 eine Entlastung 46, 47, 48 in eine Leckölleitung 49 vorgesehen, über welche die Führungsleckage in den Niederdruckbereich des Kraftstoffeinspritzsystems abgeführt werden kann.

Der Darstellung gemäß Figur 2 ist das Hydraulikschaltschema eines Kraftstoffinjektors mit Druckverstärker, Vario-Einspritzdüse und über einen Hochdruckspeicherraum direkt beaufschlagbarem Schließraum eines Einspritzventils des Kraftstoffinjektors zu entnehmen.

Die in Figur 2 dargestellte Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung unterscheidet sich von der in Figur 1 dargestellten Variante dadurch, daß der Schließraum 21 des Einspritzventils 6 über einen von der Leitung 4 abzweigenden Hochdruckabzweig 60 unmittelbar unter Umgehung des Magnetventils 8 und des Rückraums 16 des Druckverstärkers 5 mit dem im Hochdruckspeicherraum 2 anstehenden Druckniveau beaufschlagbar ist. Ein weiterer Unterschied zur Ausführungsvariante gemäß Figur 1 besteht darin, daß gemäß der in Figur 2 dargestellten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung lediglich das erste Düsennadelteil 31 der coaxialen Düsennadel 30 durch ein als Schließfeder fungierendes Federelement 38 an der Stirnseite 36 beaufschlagt ist. Im übrigen ist die in Figur 2 dargestellte Ausführungsvariante identisch zur Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung, die im Zusammenhang mit Figur 1 bereits beschrieben wurde.

Im in Figur 2 dargestellten Grundzustand ist das Magnetventil 8, welches auch als Piezoaktor ausgebildet sein kann oder als direktgesteuertes Ventil oder als Servoventil beschaffen sein kann, so geschaltet, daß der im Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 anstehende Druck, welcher dem Druck im Hochdruckspeicherraum 2 entspricht, über die Kraftstoffleitung 19 im Rückraum 16 ansteht. Ferner steht das Druckniveau im Hochdruckspeicherraum 2 über die Leitung 4 dem Abzweig 60 im Schließraum 21 des Einspritzventils 6 an. Über die vom Schließraum 21 ausgehende Rückschlagventilleitung 25 wird der Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 mit Rail-Druckniveau, d.h. dem Druckniveau, welches im Hochdruckspeicherraum 2 herrscht, beaufschlagt. Ferner steht über die Hochdruckleitung 28, die vom Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 ausgeht, das im Hochdruckspeicherraum 2 herrschende Druckniveau auch im Düsenraum 29 des Einspritzventils 6 an.

Die Zumessung des Kraftstoffes an das brennraumseitige Ende des Einspritzventils 6 erfolgt durch eine Druckentlastung des Rückraums 16 des Druckverstärkers 5 durch Aktivierung des beispielsweise als 3/2-Wegeventil ausgebildeten Magnetventils 8. Der Rückraum 16 wird dadurch von der Systemdruckbeaufschlagung abgetrennt und mit der Nieder-

- druckleitung 9, die vom Magnetventil 8 ausgeht, verbunden. Dadurch fällt der Druck im Rückraum 16 ab, wodurch der Druckverstärker 5 aktiviert wird, d.h. der Kolben 12 fährt aufgrund des im Druckraum 11 herrschenden, dem Druckniveau des Hochdruckspeicherraum 2 entsprechenden Druckes nach unten, wodurch der Druck im Hochdruckraum 20 und über die Hochdruckleitung 28 auch im Steuerraum 29 des Einspritzventils 6 ansteigt. Dadurch erhöht sich die auf das erste Düsennadelteil 31, d.h. dessen Druckschulter 35, wirkende hydraulische Kraft und die Düsennadel 31 fährt in vertikale Richtung nach oben auf, wobei jedoch innerhalb des Schließraums 21 des Einspritzventils 6 eine Hubbegrenzung 33 vorgesehen ist, welche den maximalen vertikalen Hub des ersten Düsennadelteils 31 begrenzt. Das erste Düsennadelteil 31 ist so ausgelegt, daß dessen Öffnen dann eintritt, wenn im Düsenraum 29 ein erster Öffnungsdruck $p_{0,1}$ erreicht wird. Solange der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 druckentlastet bleibt, ist der Druckverstärker 5 aktiviert. Der Druck im Düsenraum 29 und an der Nadelspitze des zweiten Düsennadelteils 32 wird im weiteren Verlauf der Einspritzung bis auf ein maximales Druckniveau p_{\max} erhöht. Erreicht das Niveau des Einspritzdruckes einen zweiten Öffnungsdruck $p_{0,2}$, öffnet das zweite Düsennadelteil 32, wodurch der weitere, zweite Einspritzquerschnitt 43 geöffnet wird und nunmehr eine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 7 der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine sowohl über den ersten Einspritzquerschnitt 42, der vom ersten Düsennadelteil 31 freigegeben ist, als auch über den weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43 erfolgt, der durch den zweiten Düsennadelteil 32 freigegeben ist. Der erste Öffnungsdruck $p_{0,1}$ ist im wesentlichen durch die hydraulisch wirksamen Flächen, d.h. die Auslegung der Druckschulter 35 im Düsenraum 29, als auch die Dimensionierung der Stirnfläche 36 des ersten Düsennadelteils 31 bestimmt und somit dem im Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druckniveau direkt proportional. Der zweite Öffnungsdruck $p_{0,2}$ ist ebenfalls im wesentlichen durch die hydraulischen Druckfläche 40 an der Nadelspitze des zweiten Düsennadelteils 32 sowie die Dimensionierung der Stirnfläche 37, welche dem Schließraum 21 des Einspritzventils 6 zuweist, bestimmt. Auch der zweite Öffnungsdruck $p_{0,2}$ ist proportional zum im Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druckniveau.
- 30 Zum Beenden der Einspritzung wird durch das Magnetventil 8 der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 mit Systemdruck, d.h. dem Hochdruckspeicherraum 2, verbunden.

Aufgrund des sich im Rückraum 16 über die Leitungen 19 bzw. 18 aufbauenden Drucks fährt der Kolben 12 des Druckverstärkers 5, unterstützt durch die Rückstellfeder 17, in seine Ausgangslage, wodurch der Druck im Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 abnimmt. Aufgrund dessen fällt auch der Druck im Düsenraum 29 des Einspritzventils 6 auf das Rail-Druckniveau, d.h. das im Hochdruckspeicherraum 2 anstehende Druckniveau, ab, wodurch das erste Düsennadelteil 31 bzw. das zweite Düsennadelteil 32 hydraulisch ausgeglichen sind. Aufgrund der Beaufschlagung des ersten Düsennadelteils 31 durch das Fe-

derelement 38 innerhalb des Schließraums 21 des Einspritzventils 6 wird dieses geschlossen. Die Einspritzung wird beendet. Dadurch bricht die an der Nadelspitze des zweiten Düsennadelteils 32 aufgebaute Druckkraft zusammen, so daß das zweite Düsennadelteil 32 aufgrund des sich im Schließraum 21 über die Leitungen 4 bzw. 60 einstellende Druckniveau geschlossen wird. Die Schließgeschwindigkeit kann über die Dimensionierung der Drosselstelle 23, die dem Schließraum 21 vorgeschaltet ist und im Abzweig 60 aufgenommen ist, beeinflußt werden.

Auch in der Ausführungsvariante gemäß Figur 2 ist an der coaxial ausgebildeten Düsennadel 30 zwischen den ineinandergeführten Düsennadelteilen 31 bzw. 32 die Führungsleckage absteuernde, als Ringnuten beispielsweise ausgebildete Ausnehmungen 46 bzw. 48 ausgebildet, die mit einer Leckölleitung 49 in Verbindung stehen, welche die abgeführte Führungsleckage in einen hier nicht näher dargestellten Kraftstoffbehälter beispielsweise zurückführt.

Auch in der Ausführungsvariante gemäß Figur 2 kann der Kolben 12 des Druckverstärkers 5 sowohl ein- als auch mehrteilig ausgebildet sein. Die Rückstellfeder 17, welche im Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 aufgenommen ist, kann sowohl im Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 als auch im Hochdruckraum 12 des Druckverstärkers 5 angeordnet werden.

In Figur 3 sind die Druckverläufe im Düsenraum, Hochdruckraum und im Schließraum sowie die Nadelhubbewegung und die sich entsprechend der Nadelhubwege einstellenden Durchflußquerschnitte an der Vario-Düse der Ausführungsvariante gemäß Figur 2 dargestellt.

Zu einem Zeitpunkt t_1 liegt im Hochdruckspeicherraum 2 das Rail-Druckniveau p_{rail} an. Zu einem zweiten Zeitpunkt, gekennzeichnet durch t_2 , wird der erste Öffnungsdruck $p_{0,1}$ erreicht, so daß das erste Düsennadelteil 31 aufgrund der im Steuerraum 29 auf die Druckschulter 35 des ersten Düsennadelteils 31 einwirkenden hydraulischen Kraft öffnet. Am ersten Einspritzquerschnitt, der durch die Öffnungsbewegung des ersten Düsennadelteils 31 freigegeben wird, stellt sich eine erste Einspritzmenge 74 ein, die während der Öffnungsphase zwischen t_2 und t_3 des ersten Düsennadelteils 31 in den Brennraum 7 der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine gelangt. Parallel zum sich einstellenden Druckanstieg im Düsenraum 29 bzw. im Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 (vgl. Kurzenzug 70) fällt gemäß des Kurvenzuges 71 der Druck im Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 ab. Wird während des weiteren Druckanstieges 70 vom ersten Öffnungsdruck $p_{0,1}$ auf den zweiten Öffnungsdruck $p_{0,2}$ der Schaltdruck des zweiten Düsennadelteils 32 erreicht, so öffnet dieses zu einem Zeitpunkt t_3 (vgl. unterstes Diagramm Figur 3). Zum

Schaltzeitpunkt t_3 verharrt das erste Düsennadelteil 31 aufgrund des im Düsenraum 29 auf die hydraulische Fläche 35, d.h. die Druckschulter, einwirkenden hydraulischen Kraft in seiner geöffneten Position gemäß des mit Bezugszeichen 72 gekennzeichneten Hubverlaufes und nimmt seine maximale Hubstellung h_{\max} ein, welche durch den im Schließraum 21 ausgebildeten Anschlag 33 begrenzt ist. Zum Schaltzeitpunkt t_3 öffnet aufgrund des Überschreitens des zweiten Öffnungsdruckes $p_{0,2}$ das zweite Düsennadelteil 32 entsprechend des mit Bezugszeichen 73 gekennzeichneten Hubverlaufes. Dadurch steigt die in den Brennraum 7 der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine eingespritzte Kraftstoffmenge entsprechend der mit Bezugszeichen 75 gekennzeichneten Menge an, d.h. zusätzlich zum ersten Einspritzquerschnitt 42, freigegeben durch das erste Düsennadelteil 31, erfolgt nunmehr eine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 7 der Verbrennungskraftmaschine sowohl über den ersten Einspritzquerschnitt 42 als auch über den weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43, der aufgrund der Hubbewegung des zweiten Düsennadelteils 32 nunmehr freigegeben ist. Zum Zeitpunkt t_4 wird mittels des Magnetventils 8 der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 wieder mit dem Systemdruck verbunden, so daß sich entsprechend eines Druckaufbaus im Rückraum 16 ein Druckabbau sowohl im Steuerraum 29 als auch im Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 einstellt und demzufolge, wie oben beschrieben, die auf das erste Düsennadelteil 31 bzw. auf das zweite Düsennadelteil 32 einwirkenden Öffnungskräfte an den hydraulischen Flächen 35 bzw. 40 zusammenbrechen und die im Schließraum 21 wirksamen Schließkräfte, d.h. die das erste Düsennadelteil 31 beaufschlagende Feder, und das im Schließraum 21 über die Leitungen 4 bzw. 60 anstehende Druckniveau des ersten Düsennadelteils 31 in seine Schließstellung überführt wird, wodurch die Einspritzung ihr Ende findet.

Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsvariante eines Kraftstoffinjektors mit Druckverstärker und Vario-Einspritzdüse mit optimierter Führungsleckage.

Der in Figur 4 dargestellten Ausführungsvariante ist zu entnehmen, daß ein geregeltes Hochdruckförderaggregat 81 Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter 80 in einen Hochdruckspeicherraum 2 fördert. Vom Hochdruckspeicherraum 2 aus steht der unter hohem Druck stehende Kraftstoff über eine die Drosselstelle 3 enthaltende Leitung 4 im Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 an. Von der Leitung 4 zweigt vor dem Druckraum 11 eine Leitung 18 ab, über welche das Magnetventil 8 beaufschlagt wird. Vom Magnetventil 8 aus steht das Druckniveau des Hochdruckspeicherraums 2 in der in Figur 4 gezeigten Schaltstellung im Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 an, in welchem analog zu den in Figur 1 und 2 dargestellten Ausführungsvarianten der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung eine Rückstellfeder 17 aufgenommen ist. Die Rückstellfeder 17 stützt sich gehäuseseitig im Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 ab und beaufschlagt einen im Durchmesser vergrößerten ersten Teilkolben 13 eines zweiteilig ausgebildeten Kolbens 12, der mit seinem

zweiten Teilkolbenbereich 14 einen Hochdruckraum 20 – analog zu den Darstellungen gemäß Figuren 1 und 2 – beaufschlagt.

5 Vom Magnetventil 8 zweigt analog zur Darstellung gemäß der Figuren 1 und 2 ein niederdruckseitiger Rücklauf 9 ab, der in den Kraftstoffbehälter 80 mündet. Das Rückschlagventil 24, über welches auch in der Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung in Figur 4 eine Befüllung des Hochdruckraums 20 des Druckverstärkers 5 – eine entsprechende in Figur 4 dargestellte Schaltstellung des Magnetventils 8 vorausgesetzt – erfolgt, ist in einem Abzweig von der Kraftstoffleitung 19 zum Rückraum 16 des Druckverstärkers 5
10 aufgenommen.

Das Einspritzventil 6 gemäß der Ausführungsvariante in Figur 4 umfaßt eine koaxiale Düsennadel 30, die einen ersten Düsennadelteil 31 sowie einen weiteren, innenliegenden Düsennadelteil 32 aufweist. Dem innenliegenden, zweiten Düsennadelteil 32 der koaxialen
15 Düsennadel 30 ist ein separat druckentlastbarer Düsenfederraum 83 zugeordnet, der über Zwischenschaltung einer Drosselstelle 86 in die Niederdruckleitungen 9 und von dort in den Kraftstoffbehälter niederdruckseitig druckentlastbar ist. Über eine eine weitere Drosselstelle 85 enthaltende Zuleitung von der Hochdruckleitung 19 zum Rückraum 16 wird ein erster Düsenfederraum 82, der das erste Düsennadelteil 31 beaufschlagt, befüllt.

20

Ein hülsenförmiger Körper 89 mit Absatz dient der Abdichtung des zweiten Düsensteuer-
raumes 83 gegenüber dem ersten Düsensteuerraum 82. Der hülsenförmige Körper 89 weist eine hochdruckdichte Führung gegenüber dem zweiten Düsennadelteil 32 und einen Flach-
dichtsitz gegenüber dem Injektorkörper auf. Der hülsenförmige Körper 89 kann vom er-
25 sten Düsensteuerraum 82 aus mit Druck beaufschlagt sein, welche vertikal nach oben wirkt, um eine zusätzliche Dichtkraft zu erzeugen.

An einen koaxial zum ersten Düsennadelteil 31 angeordneten hülsenförmigen Körper 89 ist sowohl das erste Federelement 38 als auch das zweite Federelement 39 abgestützt. Das
30 dem zweiten Düsennadelteil 32 zugeordnete Federelement 39 wirkt dabei auf eine am Umfang des zweiten Düsennadelteils 32 ausgebildeten Anschlag 87 ein, während das mit Bezugszeichen 38 bezeichnete Federelement unmittelbar auf die Stirnseite 36 des ersten, außenliegenden Düsennadelteils 31 einwirkt. Das zweite Düsennadelteil 32 ist zur Abführung der Führungsleckage mit einer Längsbohrung 84 ausgestattet, über welche eine am Außen-
35 umfang des zweiten Düsennadelteils 32 vorgesehene Ausnehmung 48 mit dem niederdruckseitig druckentlastbaren zweiten Düsenfederraum 83 in Verbindung steht.

Im in Figur 4 dargestellten Grundzustand liegt das im Hochdruckspeicherraum 2 herrschende Druckniveau im Druckraum 11 des Druckverstärkers 5 am Magnetventil 8 über

die Leitung 19 im Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 im ersten Düsenfederraum 82 des Einspritzventils 6 sowie über das Rückschlagventil 24 im Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 sowie im über die Kraftstoffzuleitung 28 mit Hochdruck beaufschlagbaren Düsenraum 29 des Einspritzventils an. Der druckentlastbare zweite Düsenfederraum 83 oberhalb der Stirnseite 37 des zweiten Düsennadelteils 32 ist über die Drosselstelle 86 sowie die Entlastungsleitung 88 unter Umgehung des Magnetventils 8 direkt mit dem Rücklauf 9 in den Kraftstoffbehälter 80 des Kraftstoffeinspritzsystems verbunden. Im in Figur 4 dargestellten Grundzustand ist der Druckverstärker 5 nicht aktiv, d.h. es findet keine Druckverstärkung statt. Durch die Rückstellfeder 17 ist der Kolben 12 in seine Ausgangslage zurückgestellt. Eine Befüllung des Hochdruckraums 20 erfolgt in Durchschlagsrichtung des Rückschlagventils 24 entgegen des Schließelementes 26, welches durch ein Federelement 27 innerhalb des Rückschlagventils 24 beaufschlagt ist und durch die Leitung 19 zwischen Magnetventil 8 und Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 gespeist wird. Durch den im ersten Düsenfederraum 82 anstehenden Druck, der dem im Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druck entspricht, wird eine hydraulische Schließkraft auf das erste Düsennadelteil 31, d.h. das äußere Teil der coaxialen Düsennadel 30, ausgeübt. Zusätzlich wirkt über die Federelemente 38 bzw. 39 jeweils eine schließende Federkraft auf das erste Düsennadelteil 31 sowie das weitere, zweite Düsennadelteil 32. Aus diesem Grunde kann das im Hochdruckspeicherraum 2 herrschende Druckniveau stets im Düsenraum 29 anstehen, ohne daß sich eine Öffnung des ersten Düsennadelteils 31 einstellt. Erst bei Ansteigen des Druckes innerhalb des Düsenraums 29 über das Druckniveau des Hochdruckspeicherraums 2, was durch Zuschalten des Druckverstärkers 5 erreicht wird, öffnet der erste Düsennadelteil 31 und die Einspritzung beginnt.

Dabei erfolgt die Zumessung des Kraftstoffes durch die Druckentlastung des Rückraums 16 analog zu den Ausführungsvarianten in den Figuren 1 und 2. Dies erfolgt durch eine Beschaltung des beispielsweise als 3/2-Wege-Steuerventils ausgebildeten Magnetventils 8. Es erfolgt eine Abtrennung des Rückraums 16 des Druckverstärkers 5 und vom Systemdruck, d.h. dem im Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druckniveau, und eine Verbindung des Rückraums 16 mit dem Rücklauf 9 zum Kraftstoffbehälter 80, d.h. mit der Niederdruckseite. Der Druck im Rückraum 16 fällt ab, wodurch der Druckverstärker 5 aktiviert wird und über einen Anstieg des Druckniveaus im Hochdruckraum 20 ein Anstieg des Druckes im Düsenraum 29 erfolgt, welcher wiederum auf die hydraulische Fläche 35 des ersten Düsennadelteils 31 einwirkt und dessen Aufh Hubbewegung entgegen der Federkraft des Federelementes 38 in Öffnungsrichtung bewirkt. Solange der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 druckentlastet ist, bleibt der Druckverstärker 5 aktiviert und verdichtet den Kraftstoff im Hochdruckraum 20. Der verdichtete Kraftstoff strömt von dort zur Düsennadel, d.h. den Düsenraum 29, und von dort über den Ringspalt 50 in Richtung auf das brennraumseitige Ende des ersten und des zweiten Düsennadelteils 31 bzw. 32. Der erste

Düsenfederraum 82 bleibt dabei druckentlastet, wobei jedoch an der Nadelspitze des zweiten Düsennadelteils 32 sich ein Spritzdruckniveau aufbaut. Dadurch stellt sich eine in Öffnungsrichtung des zweiten Düsennadelteils 32 wirkende Druckkraft an der hydraulisch wirksamen Fläche 40 (Druckschulter) an der Spitze des zweiten Düsennadelteils 32 ein. Da
5 der dem zweiten Düsennadelteil 32 zugeordnete zweite Düsenfederraum 83 nach wie vor druckentlastet ist, folgt als Schließkraft auf das zweite Düsennadelteil 32 die Federelemente 39. Über eine geeignete Dimensionierung der Druckschulter 80 in Bezug auf die Schließkraft des Federelementes 39 läßt sich analog zur Darstellung der Ausführungsvariante gemäß Figur 1 ein Schaltdruck einstellen, ab welchem das innenliegend in der koa-
10 xialen Düsennadel 30 geführte zweite Düsennadelteil 32 öffnet. Bei niedrigem Einspritzdruck unterhalb des einstellbaren Schaltdruckes öffnet das erste Düsennadelteil 31, während das zweite Düsennadelteil 32 geschlossen bleibt. Demnach erfolgt eine Einspritzung über den ersten Einspritzquerschnitt 42. Bei weiter steigendem Einspritzdruck oberhalb des Schaltdruckes des zweiten Düsennadelteils 32 öffnet zusätzlich zum bereits offenen ersten
15 Düsennadelteil 31 das zweite Düsennadelteil 32, wodurch eine Einspritzung in den Brennraum 7 der Verbrennungskraftmaschine sowohl über den ersten Einspritzquerschnitt 42 als auch über den weiteren, zweiten Einspritzquerschnitt 43 erfolgt.

Das Beenden der Einspritzung wird mittels des Magnetventils 8 herbeigeführt, über welches der Rückraum 16 des Druckverstärkers 5 und der erste Düsenfederraum 82 von der Rücklaufseite 9 des Magnetventils 8 getrennt und mit dem Versorgungsdruck, d.h. dem im Hochdruckspeicherraum 2 herrschenden Druckniveau verbunden werden. Damit baut sich im Rückraum 16 das im Hochdruckspeicherraum 2 herrschende Druckniveau auf, wodurch
20 sich eine Druckentlastung im Hochdruckraum 20 des Druckverstärkers 5 auf das Rail-Druckniveau einstellt. Da im ersten Düsenfederraum 82 ebenfalls das Rail-Druckniveau ansteht, ist das erste Düsennadelteil 31 nun hinsichtlich der hydraulischen Kräfte ausgeglichen und wird lediglich über die Federkraft des Federelementes 39 betätigt, d.h. geschlossen. Durch die unterbrochene Kraftstoffzufuhr zum zweiten Düsennadelteil 32 fällt das Druckniveau unterhalb der Nadelspitze des zweiten Düsennadelteils 32 sehr schnell ab,
25 d.h. das zweite Düsennadelteil 32 beginnt zu schließen aufgrund der Wirkung der Federkraft des Federelementes 38. Damit ist die Einspritzung beendet. Die sich einstellende Schließgeschwindigkeit in Bezug auf das zweite Düsennadelteil 32 läßt sich über die Auslegung der Drosselstellen 85 bzw. 86 beeinflussen.

35 Zur Vermeidung von Leckageströmen durch die Düsenlöcher ist eine Entlastungsleitung in Gestalt einer Bohrung 84 durch das zweite Düsennadelteil 32 geführt, welches sich von einer Ausnehmung 48 in den zweiten Düsensteuerraum 83 erstreckt. Gemäß der in Figur 1 dargestellten Ausführungsvariante stellen sich folgende drei Führungsleckageströme im Ruhezustand, d.h. bei anliegendem Raildruckniveau im Schließraum 21 und im Düsensteu-

erraum 29 ein. Zwischen dem Injektorkörper, d.h. dessen brennraumseitigem Teil, und dem ersten Düsennadelteil 31, welches im Durchmesser d_1 ausgebildet ist, stellt sich ein erster Führungsleckagestrom zwischen Düsenraum 29 und Leckölnut 46 und ein Führungsleckagestrom zwischen Schließraum 21 und Leckölnut 46 ein, während sich zwischen dem ersten Düsennadelteil 31 andererseits und dem in Figur 1 innenliegend angeordneten zweiten Düsennadelteil 32 eine weitere Führungsleckage einstellt, die über die Leckölnut 48, welche am innenliegenden Teil der coaxialen Düsennadel 30 ausgebildet wird, in die Leckölleitung 49 abströmt. Das zweite Düsennadelteil 32 ist in einem Durchmesser d_2 , der zwischen 2 bis 2,5 mm liegen kann, ausgebildet, während der erste Düsennadelteil 31 in einem Außendurchmesser d_1 ausgebildet ist, der zwischen 4 und 4,5 mm liegen kann. Es treten somit zwei Führungsleckageströme auf großem Durchmesser d_1 und ein Führungsleckagestrom auf kleinem Durchmesser d_2 auf. Bei der Ausführungsvariante, die in Figur 4 dargestellt ist, ist zwischen dem zweiten Düsennadelteil 32 und dem dieses umgebenden ersten Düsennadelteil 31 in analoger Weise ebenfalls eine Leckölnut 48 aufgenommen, die mit der Längsbohrung 84 in Verbindung steht, über welche das Lecköl abgeführt werden kann. Es tritt ein erster Führungsleckagestrom mit kleinem Durchmesser d_1 zwischen Düsenraum 29 und Leckölnut 48 auf. Weiterhin tritt ein zweiter Führungsleckagestrom mit kleinem Durchmesser d_2 zwischen Düsensteuerraum 82 und der Leckölnut 48 auf. Aufgrund des kleineren Durchmessers des zweiten Düsennadelteils 32 von 2 bis 2,5 mm läßt sich mit dieser Ausführungsvariante eine deutliche Reduzierung bisheriger Leckageölvolumenströme ins Lecköl erreichen.

Bezugszeichenliste

1	Kraftstoffinjektor	37	Stirnfläche zweiter Düsennadel-
2	Hochdruckspeicherraum		teil
3	erste Drosselstelle	38	Federelement erster Düsenna-
5 4	Leitung		delteil
5	Druckverstärker	39	Federelement zweiter Düsenna-
6	Einspritzventil		delteil
7	Brennraum Verbrennungskraftmaschine	40	Druckschulter zweiter Düsenna-
8	Magnetventil (3/2-Wege-Ventil)		delteil
10 9	niederdruckseitiger Rücklauf	41	Vario-Einspritzdüse
10	Gehäuse Druckverstärker	42	erster Einspritzquerschnitt
11	Druckraum	43	zweiter Einspritzquerschnitt
12	Kolben	44	brennraumseitige Fläche Injek-
13	erster Teilkolben		torgehäuse
15 14	zweiter Teilkolben	45	Stirnfläche erster Düsennadel-
15	Ansatz zweiter Teilkolben		teil
16	Rückraum	46	Leckkölnut erster Düsennadel-
17	Rückstellfeder		teil
18	Zuleitung Magnetventil	47	Leckölkanal
20 19	Kraftstoffleitung Rückraum	48	Leckkölnut zweiter Düsennadel-
20	Hochdruckraum		teil
21	Schließraum	49	Leckölleitung
22	Rückraumleitung zum Schließraum	50	Ringspalt
23	zweite Drosselstelle		
25 24	Rückschlagventil		
24.1.	Drosselstelle	60	Hochdruckabzweig vom
25	Rückschlagventil-Leitung		Hochdruckspeicherraum 2
26	Schließelement		
27	Federelement des Rückschlagventils	70	Druckverläufe Düsenraum/
30 28	Hochdruckleitung Düsenraum		Hochdruckraum
29	Düsenraum	71	Druckverlauf Rückraum
30	koaxiale Düsennadel		
31	erster Düsennadelteil	t ₁	Ansteuerzeitpunkt
32	zweiter Düsennadelteil	t ₂	Ansteuerzeitpunkt
35 33	Hubanschlag für ersten Düsennadelteil	t ₃	Ansteuerzeitpunkt
34	Hubbegrenzung für zweiten Düsennadelteil	t ₄	Ansteuerzeitpunkt
35	Druckschulter erster Düsennadelteil	72	Hubverlauf erstes Düsennadel-
36	Stirnfläche erster Düsennadelteil		teil
73	Hubverlauf zweites Düsennadelteil		

- 74 erster Durchflußquerschnitt
- 75 zweiter Durchflußquerschnitt
- 80 Kraftstofftank
- 5 81 geregeltes Hochdruckförderaggregat
- 82 erster Düsensteuerraum
- 83 zweiter Düsensteuerraum
- 84 Längsbohrung
- 85 Drosselstelle erster Düsensteuerraum
- 10 86 Drosselstelle zweiter Düsensteuerraum
- 87 nadelseitiger Anschlag
- 88 Entlastungsleitungen Rücklauf
- 89 hülsenförmiger Körper

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Verbrennungskraftmaschinen mit einem von einer Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) versorgbaren Kraftstoffinjektor (1), wobei zwischen
5 einem Einspritzventil (6) und der Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) ein Druckverstärker (5) angeordnet ist, der einen Übersetzerkolben (12) aufweist, welcher einen an die Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) anschließbaren Druckraum (11) von einem einen Düsenraum (29) des Kraftstoffinjektors (1) beaufschlagenden Hochdruckraum (20) trennt und eine Druckänderung in einem Rückraum (16) des Druckverstärkers (5) eine
10 Druckänderung im Hochdruckraum (20) bewirkt und das Einspritzventil (6) eine Düsennadel (30) umfaßt, mit welcher einem Brennraum 7 zuweisende Einspritzöffnungen freigebbar oder verschließbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsennadel (30) einen ersten Düsennadelteil (31) und einen weiteren Düsennadelteil (32) umfaßt, die druckabhängig ansteuerbar, unterschiedliche Einspritzquerschnitte (42, 43) an einer
15 Einspritzdüse (41) freigeben bzw. verschließen.
2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsennadelteile (31, 32) der Düsennadel (30) ineinandergeführt sind.
- 20 3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsennadelteile (31, 32) der Düsennadel (30) eine hydraulische Druckbetätigung ermöglichende Flächen (35, 40) aufweisen.
4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das
25 erste Düsennadelteil (31) eine Druckschulter (35) umfaßt, welche über den in einen Düsenraum (29) eintretenden, unter hohem Druck stehenden Kraftstoff betätigbar ist.
5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das
30 zweite Düsennadelteil (32) eine Druckschulter (40) umfaßt, welche an dessen brennraumseitigem Ende angeordnet ist.
6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein
das zweite Düsennadelteil (32) über eine Druckschulter (40) betätigender hydraulischer Raum von einer Stirnfläche (45) des ersten Düsennadelteils (31) und einer
35 brennraumseitigen Düsenkörperfläche (44) begrenzt ist.
7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die brennraumseitige Düsenkörperfläche (44) kegelförmig ausgebildet ist.

8. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der die Druckschulter (40) des zweiten Düsenadelteils (32) umschließende hydraulische Raum vom Düsenraum (29) aus über einen Ringspalt (50) mit Kraftstoff beaufschlagt ist, wenn das erste Düsenadelteil (31) in Öffnungsrichtung betätigt ist.

9. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem ersten Düsenadelteil (31) und dem zweiten Düsenadelteil (32) in einem Schließraum (21) angeordnete, hubbegrenzende Anschläge (33, 34) zugeordnet sind, wobei mindestens eines der Düsenadelteile (31, 32) durch ein Schließfederelement (38, 39) beaufschlagt ist.

10. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Düsenadelteil (31) einen ersten Einspritzquerschnitt (42) und das zweite Düsenadelteil (32) einen zweiten Einspritzquerschnitt (43) freigibt bzw. verschließt.

11. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß nach Freigabe des ersten Einspritzquerschnitts (42) durch den ersten Düsenadelteil (31) bei druckabhängiger Betätigung des zweiten Düsenadelteils (32) der zweite Einspritzquerschnitt (43) zusätzlich zum ersten Einspritzquerschnitt (42) freigegeben wird.

12. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und der zweite Einspritzquerschnitt (42, 43) als konzentrische Lochkreise am brennraumseitigen Ende eines Düsenkörpers (44) des Kraftstoffinjektors (1) ausgebildet sind.

13. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Düsenadelteil (31) und das zweite Düsenadelteil (32) an ihrem Umfang jeweils leckölabführende Ausnehmungen (46, 48) aufweisen.

14. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die leckölabführenden Ausnehmungen (46, 48) über einen in einem der Düsenadelteile (31, 32) vorgesehenen Leckölkanal (47) verbunden sind und in eine gehäuseseitige Leckölleitung (49) münden.

15. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckverstärker (5) einen Druckraum (11) enthält, der über eine Leitung (4) von der Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) beaufschlagt ist sowie einen Rückraum (16) aufweist, der über ein Magnetventil (8) von Leitungen (18, 19) mit der Kraftstoffhoch-

druckquelle (2, 81) in Verbindung steht sowie einen Hochdruckraum (20) umfaßt, der einen die koaxiale Düsennadel (30) umgebenden Düsenraum (29) mit Hochdruck beaufschlagt.

- 5 16. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückraum (16) des Druckverstärkers (5) mit einem Schließraum (21) des Einspritzventils (6) verbunden ist.
- 10 17. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Schließraum (21) des Einspritzventils (6) von der Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) über eine Leitung (4, 60) direkt druckbeaufschlagt ist.
- 15 18. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Schließraum (21) des Einspritzventils (6) parallel zu einer Leitung (22) vom Rückraum (16) oder parallel zu einer Leitung (60) von der Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) über eine ein Rückschlagventil/Drosselstelle (24) enthaltende, vom Hochdruckraum (20) gespeiste Leitung (25) druckbeaufschlagt ist.
- 20 19. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß der Ansprüche 1 sowie 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei deaktiviertem Ventil (8) eine Strömungsverbindung (4, 18, 19, 22, 60, 23, 85) von der Hochdruckquelle (2, 81) zum Schließraum (21, 82) hergestellt wird.
- 25 20. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß der Ansprüche 1 sowie 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei deaktiviertem Ventil (8) eine Strömungsverbindung (4, 18, 19, 22; 60, 23, 85, 25, 28) von der Hochdruckquelle (2) zum Düsenraum (29) hergestellt wird.
- 30 21. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens das erste Düsennadelteil (31) mittels eines im Schließdruckraum (21, 82) erzeugbaren Druck beaufschlagbar ist.
- 35 22. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Düsennadelteil (31) und das zweite Düsennadelteil (32) entgegen der Wirkung von Schließfedern (38, 39) unter Zwischenschaltung einer Drosselstelle (85) beaufschlagbaren ersten Düsensteuerraum (82) beaufschlagt sind und das zweite Düsennadelteil (32) unabhängig davon über eine Druckentlastung eines zweiten Düsensteuer-
raumes (83) betätigbar ist.

23. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Düsensteuerraum (83) durch einen hülsenförmigen Körper (89) vom Düsensteuerraum (82) abgedichtet ist.
- 5 24. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Düsenadelteil (32) einen Längskanal (84) enthält, über welchem Führungsleckage in den zweiten Düsensteuerraum (83) und einer Entlastungsleitung (88) abgesteuert wird.
- 10 25. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsleckage zwischen erstem und zweitem Nadelteil (31, 32) über den Längskanal (84) zwischen dem hülsenförmigen Körper (89) und dem inneren Nadelteil (32) in den Düsensteuerraum (83) abströmt.

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Verbrennungskraftmaschinen. Über eine Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) wird ein Kraftstoffinjektor (1) mit Kraftstoff versorgt. Zwischen einem Einspritzventil (6) und der Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) ist ein Druckverstärker (5) angeordnet. Der Druckverstärker (5) weist einen Übersetzerkolben (12) auf, welcher einen an die Kraftstoffhochdruckquelle (2, 81) anschließbaren Druckraum (11) von einem einen Düsenraum (29) des Kraftstoffinjektors (1) beaufschlagenden Hochdruckraum (20) trennt. Das Einspritzventil (6) des Kraftstoffinjektors (1) umfaßt eine Düsennadel (30), mit welchem einem Brennraum 7 zuweisende Einspritzöffnungen freigebbar oder verschließbar sind. Die Düsennadel (30) umfaßt ein erstes Düsennadelteil (31) und einen weiteren, zweiten Düsennadelteil (32), die druckabhängig angesteuert, verschiedene Einspritzquerschnitte (42, 43) an einer Einspritzdüse (41) freigeben bzw. verschließen.

(Figur 1)



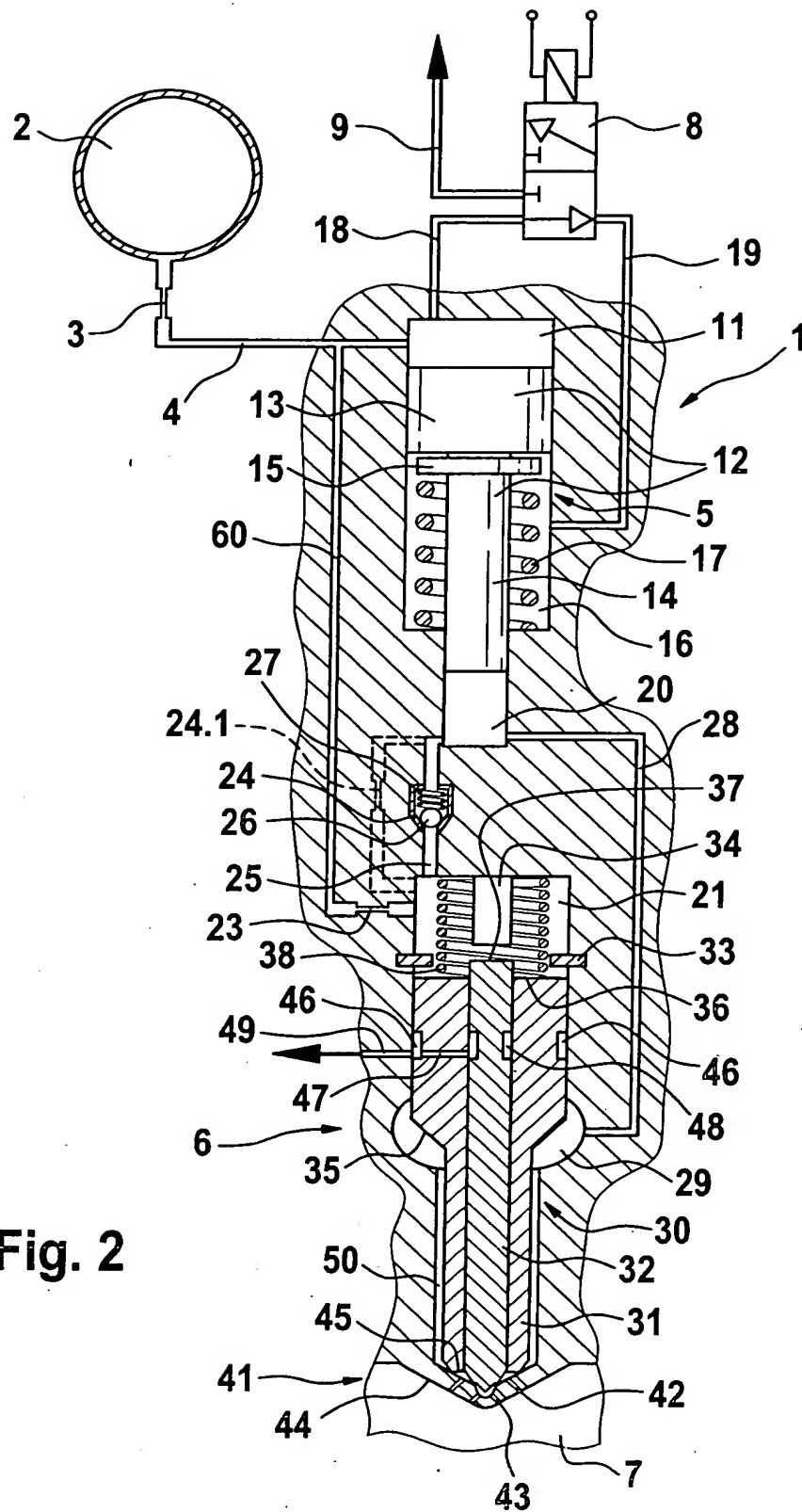


Fig. 2

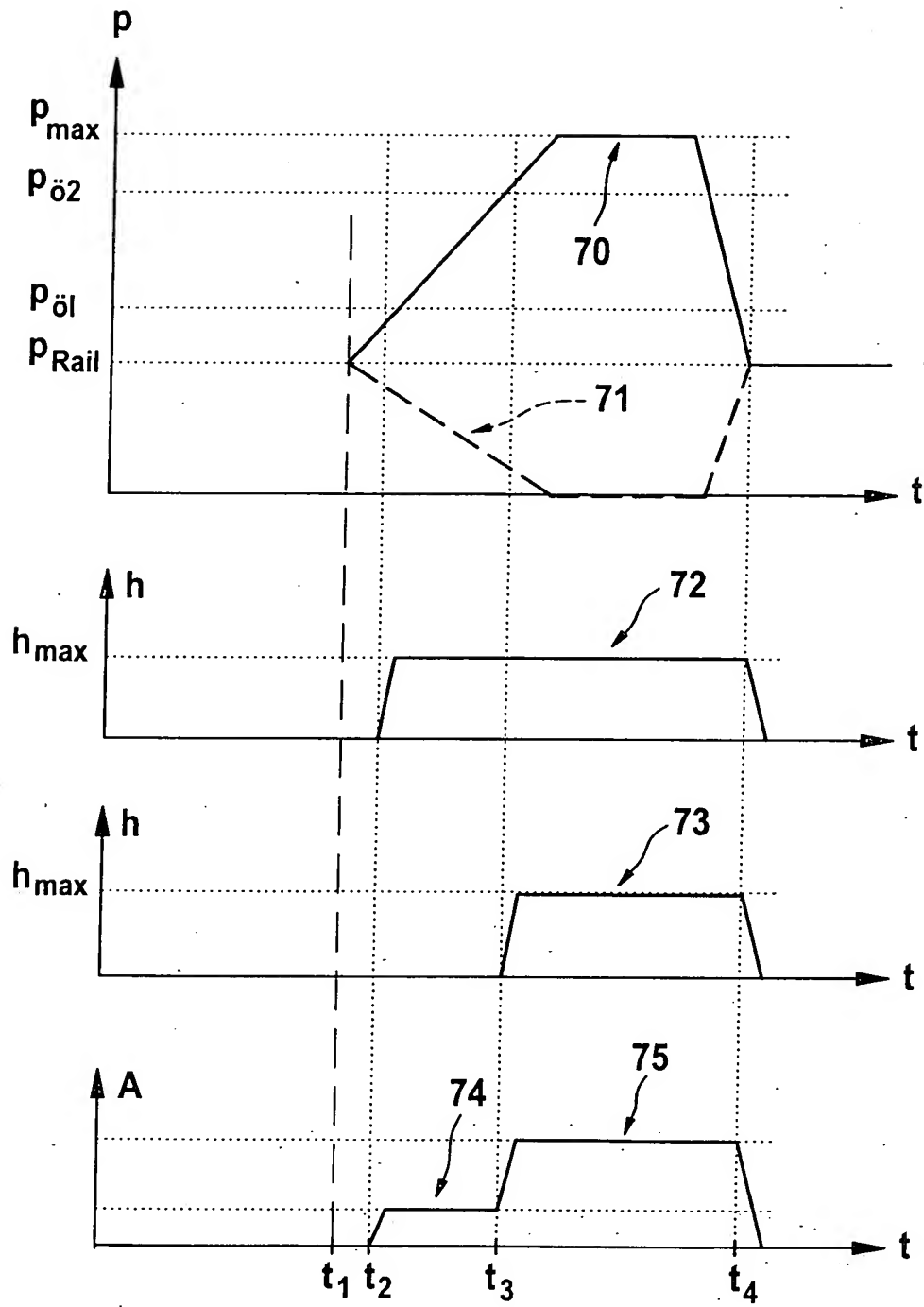


Fig. 3

Fig. 4

